



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl ungungsschrift  
⑩ DE 41 26 100 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:  
G 01 P 15/00  
G 01 L 3/10  
H 01 L 49/02

②1 Aktenz ichen: P 41 26 100.3  
②2 Anmeldetag: 7. 8. 91  
④3 Offenlegungstag: 18. 2. 93

DE 41 26 100 A 1

⑦1 Anmelder:  
Technische Universität Chemnitz, O-9010 Chemnitz,  
DE

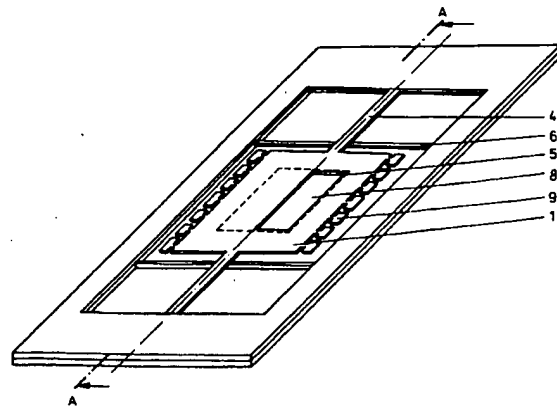
⑦2 Erfinder:  
Schäfer, André, Dipl.-Ing., O-9051 Chemnitz, DE;  
Markert, Joachim, Dr.-Ing., O-9044 Chemnitz, DE;  
Rauch, Manfred, Prof. Dr.-Ing. habil., O-9081  
Chemnitz, DE; Breng, Uwe, Dipl.-Ing., O-9075  
Chemnitz, DE

⑤4 Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor

⑤7 Die Erfindung betrifft einen kapazitiv arbeitenden und nach mikromechanischer Fertigungstechnologie hergestellten Drehbeschleunigungssensor, der zur Umwandlung von auf ihn wirkenden Beschleunigungen in elektrische Signale dient. Anwendungsgebiete sind neben klassischen Anwendungen im Maschinenbau vor allem die Kraftfahrzeugtechnik und low-cost-Anwendungen in der Gerätetechnik oder in Haushaltgeräten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfachen mikromechanischen Drehbeschleunigungssensor mit einer Differentialkondensatoranordnung zu schaffen, der bei Beschleunigungseinwirkung einer Richtung, aber beliebigen Richtungssinnes, eine Torsionsbewegung mit einer die dynamischen Eigenschaften günstig gestaltenden mechanischen Dämpfung und nur eine vernachlässigbar kleine Biegung zuläßt.

Erfindungsgemäß wird das Drehpendel, welches aus Drehplatte (1) mit Elektrodenfläche (5) zwischen zwei Torsionsfederbändern (4) besteht, durch mindestens zwei Schneidenlager zusätzlich fixiert, wobei die Drehplatte (1) einen Durchbruch (8) besitzt, der dämpfungsmindernde Wirkung besitzt und gleichzeitig den Massenschwerpunkt verschiebt. Zusätzlich sind an der Drehplatte (1) eliminierbare Masseelemente (9) vorgesehen.



DE 41 26 100 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen kapazitiv arbeitenden und nach mikromechanischer Fertigungstechnologie hergestellten Drehbeschleunigungssensor, der zur Umwandlung von auf ihn wirkenden Beschleunigungen in elektrische Signale dient. Er ist überall dort anwendbar, wo Beschleunigungen an Geräten und Anlagen ermittelt und daraus Steuerfunktionen abgeleitet werden müssen.

Beschleunigungssensoren eignen sich zur Bewegungsanalyse in vielen Bereichen. Mikromechanisch hergestellte Sensoren besitzen den Vorteil kleiner Abmessungen und, bei entsprechender Stückzahl, niedriger Kosten. Anwendungsgebiete sind somit neben klassischen Anwendungen im Maschinenbau vor allem die Kraftfahrzeugtechnik und low-cost-Anwendungen in der Gerätetechnik oder in Haushaltsgeräten.

In GB 21 01 336 A wird ein mikromechanischer kraftkompensierter Beschleunigungssensor vorgeschlagen, der mit kapazitiver Signalwandlung arbeitet. Die dazu verwendete Differentialkondensatoranordnung wird realisiert, indem an Ober- und Unterseite eines um die seitliche Achse bewegbaren Torsionskörpers jeweils eine Elektrode angebracht ist. Diesen Elektroden steht jeweils eine feste, mit dem Rahmen verbundene, Elektrode (ober- oder unterhalb des Torsionskörpers) gegenüber.

Eine Weiterentwicklung der Anordnung stellt DE 38 24 695 dar, welche beide bewegliche Elektroden unterhalb des Torsionskörpers anordnet, indem dieser als Drehpendel ausgebildet wird. Eine solche Anordnung ist zwar technologisch einfach herstellbar und die Elektrodenabstände der beiden Teilkapazitäten des Differentialkondensators entstehen im gleichen Prozeßschritt, aber infolge der bei Beschleunigungseinwirkung neben der Torsion auftretenden erheblichen Biegung der Torsionsachse in ihrer gesamten Länge erfolgt die gegensinnige Abstandsänderung der Elektroden nicht um den gleichen Betrag. Es handelt sich also um keinen echten Differentialkondensator. Über den für die Biegesteifigkeit wichtigen Querschnitt der Torsionsfederbänder wurden keine Aussagen gemacht. Das angegebene Ausführungsbeispiel gibt einen extrem flachen Querschnitt an, wodurch eine besonders hohe Empfindlichkeit gegenüber Biegung entsteht, welche die bereits genannten Probleme hervorruft. Die im Ausführungsbeispiel gewählte Realisierungsvariante mit Zusatzmasse erlaubt zwar eine Variation der Torsionskörperdicke, erfordert aber den relativ aufwendigen Prozeßschritt Epitaxie.

In EP 00 40 302 wird ein Torsionsaktor zur Strahlablenkung beschrieben, der ebenfalls als Drehpendel ausgebildet ist. Der Abstand Drehpendel zu den festen Elektroden der Grundplatte wird durch eine Unterstü-  
 30 zungsfläche unterhalb der Torsionsachse fixiert. Als Ausführungsbeispiel sind mehrere lange, schmale, durch Ätzen der Grundplatte entstandene Unterstü-  
 35 zungsflächen angegeben, die hintereinander in der Torsionsachse liegen. Über die genaue Gestaltung der Unterstü-  
 zungsflächen wurden keine Angaben gemacht. Die beim Torsionsaktor ebenfalls auftretende Biegung in der Torsionsachse — hier infolge der Kraft des elektrischen Feldes — und der damit auftretende Strahlablenkfehler — werden durch die Anordnung zwar verhindert, aber für die Justage von Grundplatte und Drehpendel quer zur Torsionsachse stehen enge Forderungen, die die Montage verkomplizieren.

Für kapazitive Bewegungssensoren werden mit zunehmender Miniaturisierung die Fragen der Luftdämpfung immer wichtiger. Um eine hohe Empfindlichkeit des Sensors zu erhalten, müssen die Elektrodengrundabstände möglichst gering sein, damit die durch die Bewegung hervorgerufene Änderung des Elektrodenabstandes zu einer großen Kapazitätsänderung führt. Für den elektrostatisch rückgekoppelten Sensor geht der Elektrodenabstand quadratisch in die erzeugbare Rückstellkraft ein. Für die häufig auftretende Überdämpfung und die damit verbundenen ungünstigen dynamischen Eigenschaften gibt es verschiedene Abhilfen.

In der Zeitschrift Sensors & Actuators 4 (1984) S. 191 wird eine Evakuierung des Sensors als mögliche Lösung angegeben. Diese Methode ist jedoch technologisch aufwendig und oft kann die Dichtheit des Sensors nur über einen bestimmten Zeitraum gewährleistet werden.

Auf der Fachtagung EUROSENSORS IV 1990 P.2.1.1. wurde ein mikromechanischer Beschleunigungssensor vorgestellt, der der Überdämpfung mit Schlitzen in der seismischen Masse beikommt. Die Schlitze erstrecken sich über die gesamte Plattenoberfläche, parallel zur einseitigen Aufhängung des Paddels. Wenn so auch eine wirksame Entdämpfung erfolgt, so verringert sich die Kapazitätsänderung etwa um den Betrag, der durch die Schlitzung von der Gesamtoberfläche der Elektrode abgeht, also beträchtlich.

Beim Drehpendel nach DE 38 24 695 sind die beiden Teilkapazitäten des Differentialkondensators nebeneinander angeordnet, wodurch das für die Dämpfung wichtige Verhältnis Elektrodenabstand zu Elektrodenfläche besonders klein wird. Der Sachverhalt wird etwas dadurch abgeschwächt, daß die Abstandsverringerng des einen Drehplattenflügels notwendigerweise mit einer Abstandsvergrößerung des anderen Drehplattenflügels verbunden ist. Das Patent sieht keine Möglichkeit zur Verringerung der Dämpfung vor.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfachen mikromechanischen Drehbeschleunigungssensor mit einer Differentialkondensatoranordnung zu schaffen, der bei Beschleunigungseinwirkung einer Richtung, aber beliebigen Richtungssinnes, eine Torsionsbewegung mit einer die dynamischen Eigenschaften günstig gestaltenden mechanischen Dämpfung und nur eine vernachlässigbar kleine Biegung zuläßt.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Drehbeschleunigungssensor ist der Torsionskörper als Drehpendel (Drehplatte mit zwei Drehplattenflügeln zwischen zwei Torsionsfederbändern) ausgebildet. Neben der festen Einspannung der Torsionsfederbänder wurde die Drehplatte durch zwei oder mehr, zum Beispiel vier Schneidenlager, wobei das Schneidenlager aus einer an der Unter- oder Oberseite der Torsionsfederbänder ausgebildeten Schneide und der als Pfanne dienenden Rippen besteht, in ihrer vertikalen (und in einem bestimmten Maße horizontalen) Lage fixiert, so daß praktisch nur noch ein Freiheitsgrad verbleibt. Die Durchbiegung wird zusätzlich durch den für die Torsionsfederbänder gewählten Dreiecks- und Rhombusquerschnitt vermindert.

Der erste Abschnitt des kennzeichnenden Teils des Hauptanspruchs bezieht sich auf eine Anordnung mit zwei

— je Torsionsfederband einem — Schneidenlagern, wobei zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe eine elektrische Spannung zwischen den Elektrodenflächen, mit der daraus erwachsenden Anziehungskraft, notwendig ist. Es bietet sich für den erfindungsgemäßen Drehbeschleunigungssensor an, die Lösung mittels elektrostatischer Kraftkompensation mit einer der Kompensationsspannung überlagerten Vorspannung, die ständig die Anziehung gewährleistet (siehe z. B. technisches messen 56(1989) Heft 2, S. 93–98) herbeizuführen. Durch die gewählte Anordnung sind Justage und Montage denkbar einfach.

Der zweite Abschnitt des kennzeichnenden Teils des Hauptanspruchs bezieht sich auf eine Anordnung mit vier — je Torsionsfederband zwei — Schneidenlagern, die eine vollständige vertikale Fixierung der Torsionsfederbänder auch ohne anliegende elektrische Spannung ermöglicht, wenn man eine ideale Anordnung der Schneidenlager voraussetzt. Dies wird in der Praxis nicht möglich sein. Jedoch kann man die Pfannen jedes Torsionsfederbandes horizontal versetzt anordnen, womit auch die Schneidenlager zueinander versetzt angeordnet sind. Damit vergrößert sich die vertikale Toleranz bei der Montage von Mittel- und Deckplatte. Kann nämlich eine geringe Verbiegung innerhalb des Torsionsfederbandes infolge "klemmender Lagerung" erfolgen, ohne daß es zur Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Gesamtsystems kommt, so kann jegliches vertikale Spiel an den Lagerpunkten ausgeschlossen werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, durch eine forcierte stärkere Verbiegung des Torsionsfederbandes bewußt die mechanischen Eigenschaften des Gesamtsystems zu verändern.

Die Torsionsbewegung infolge Beschleunigungseinwirkung wird mittels einer Differentialkondensatoranordnung, wie sie in Sensors & Actuators A21–A23 (1990), S. 297–302 oder elektrostatisch kraftkompensiert, wie sie in technisches messen 56(1989)2, S. 93–98 beschrieben ist, ausgewertet. Durch die Einschränkung der Biegung kommt es zu einer Genauigkeitserhöhung des Meßsignals.

Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Anspruch 2 schlägt zum Zwecke der Verringerung der mechanischen Dämpfung vor, einen oder mehrere Durchbrüche in die Drehplatte in einem Gebiet in und um die gelagerte Torsionsachse anzubringen. Die dadurch verlorene Elektrodenfläche liegt in einem Gebiet, wo bei Beschleunigungseinwirkung nur eine kleine oder in der gelagerten Torsionsachse sogar Null betragende Kapazitätsänderung entstanden wäre. Die verbleibende Elektrodenfläche befindet sich in größerem Abstand von der gelagerten Torsionsachse, wo auch nach der dämpfungsmindernden Maßnahme ein Großteil der Kapazitätsänderung (Meßsignal) verbleibt. Die die Dämpfung bestimmende erhebliche Luftreibung entsteht jedoch nur noch unter einem der Drehplattenflügel.

Die Erfindung verbindet die dämpfungsmindernde Maßnahme nach Anspruch 2 mit der für die Funktion des Beschleunigungssensors notwendigen Verschiebung des Massenschwerpunktes. Dabei werden ein oder mehrere Durchbrüche asymmetrisch bezüglich der gelagerten Torsionsachse in die Drehplatte eingebracht. Die größte Verschiebung des Massenschwerpunktes wird erreicht, wenn sich der oder die Durchbrüche nur einseitig von der gelagerten Torsionsachse beginnend in einem Drehplattenflügel erstrecken.

Anspruch 3 bezieht sich auf eine bei der Montage wählbare Lage der Pfannen der Schneidenlager, Anspruch 4 auf eine während des Betriebes willkürliche Einstellbarkeit der vertikalen Lage der Pfannen. Somit lassen sich neue, willkürlich wählbare einstellbare Eigenschaften erzielen. Die verschiedenen Lagemöglichkeiten verdeutlicht Tab. 1.

Ausführungsbeispiele des mikromechanischen Drehbeschleunigungssensors sind in den Zeichnungen dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 Gesamtansicht des Drehbeschleunigungssensors (ohne Deckplatte),

Fig. 2a Längsschnitt A-A durch den Drehbeschleunigungssensor ohne Deckplatte und mit zwei Schneidenlagern,

Fig. 2b Längsschnitt B-B durch den Drehbeschleunigungssensor mit Deckplatte und mit vier Schneidenlagern,

Fig. 3a–c Querschnitte der Torsionsfederbänder des Drehbeschleunigungssensors,

Fig. 4 Gestaltung von Mittel- und Deckplatte zur Realisierung der Wählbarkeit der vertikalen Lage der Schneidenlager,

Fig. 5 Maskenlayout für Drehpendel mit eliminierbaren Masseelementen,

Fig. 6 Maskenlayout für Drehpendel mit strukturiertem Drehplattenflügel (Ausschnitt).

Der Torsionskörper — das Drehpendel (bestehend aus der Drehplatte 1, die sich in zwei Drehplattenflügel 2 und 3 aufteilt, aufgehängt zwischen zwei Torsionsfederbändern 4) — ist in einen Siliciumchip geätzt, der die Mittelplatte 12 bildet. Die Deckplatte 13 — sofern vorhanden — ist ebenfalls aus Silicium, während die Grundplatte 11 aus Glas oder Silicium hergestellt werden kann. Für die Realisierung des Querschnittes der Torsionsfederbänder 4 bestehen Einschränkungen durch Anwendung von Verfahren der Siliciummikrosystemtechnik. So entstehen durch anisotropes Ätzen (111)-Flächen, die mit der Waferoberfläche im charakteristischen Winkel von  $54,74^\circ$  stehen, womit das Höhen-Breiten-Verhältnis für den Dreiecks- und Rhombusquerschnitt festgelegt ist (Fig. 3a, 3b). Die genannten Querschnitte sind anzustrebene Idealformen, die durch die Maskentechnik und die daraus resultierende Mindestbreite des Stegs einer Maske nicht völlig erreicht werden können. Es verbleibt eine zur Waferoberfläche parallele Fläche 16. Der Dreiecksquerschnitt kann zum V-Querschnitt nach Fig. 3c reduziert werden. Damit ändern sich Torsions- und Biegeverhalten.

Der Durchbruch 8 in der Drehplatte 1 ist in Fig. 1 einseitig von der gelagerten Torsionsachse in nur einen Drehplattenflügel eingebracht. Damit läßt sich die größte Verschiebung des Massenschwerpunktes erreichen. Da dies jedoch für die notwendige Symmetrie der Elektrodenflächen 5 auf beiden Drehplattenflügeln 2 und 3 zur größten Elektrodenflächenreduzierung führt, kann ein Kompromiß angebracht sein. Dieser Kompromiß wird gefunden, indem der Durchbruch 8 sich immer noch asymmetrisch zur gelagerten Torsionsachse befindet, aber sich trotzdem über beide Drehplattenflügel 2 und 3 erstreckt. Damit verringert sich zwar die Verschiebung des Massenschwerpunktes, aber die Elektrodenfläche 5 vergrößert sich.

In Fig. 4 sind zum einen Grundplatte 11, Mittelplatte 12 und zum anderen Deckplatte 13 vor dem Zusammen-

bau dargestellt. Die Anordnung zeigt die Rippen 6 in der Grundplatte 11 und die Rippen 7 in der Deckplatte 13 zur Realisierung von vier Schneidenlagern. Die Randzone der Mittelplatte 12 besitzt großflächige Vertiefungen 14 und die der Deckplatte 13 Erhöhungen 15, deren Tiefe bzw. Höhe über die in den zwei Einbaulagen (Fig. 4) möglichen zwei diskreten vertikalen Pfannenlagen entscheidet. Die Anordnung läßt sich mit den in Anspruch 4 vorgeschlagenen Schwellkörpern kombinieren. Ebenso ist nur eine Ausführung der Rippen 7 in der Deckplatte 13 als Schwellkörper denkbar, ohne daß die in Anspruch 3 beschriebene Anordnung verwendet wird.

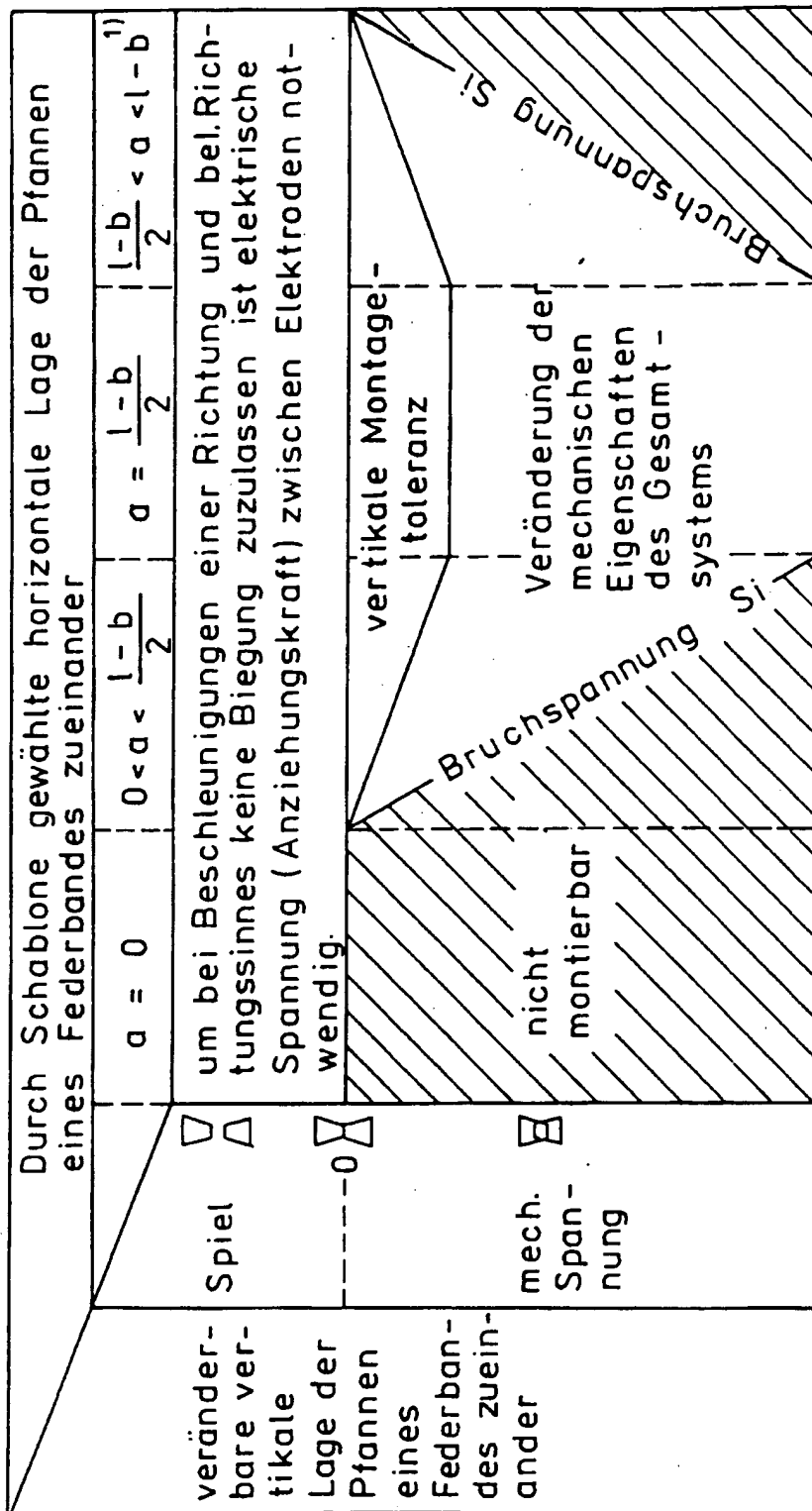
Durch gezielte Eliminierung der Masselemente 9 (Fig. 5) in beliebiger Kombination läßt sich der Massenschwerpunkt in entsprechender Stufung in einem großem Bereich einstellen. Die Eliminierung könnte zum Beispiel mittels Laser oder mechanisch erfolgen.

Die quadratischen Gruben 10 in der Drehplatte 1 (Fig. 6) beruhen auf Selbststopp. Sie lassen die auf der Rückseite liegende Elektrode unversehrt. Die maximale Kantenlänge der quadratischen Gruben 10 hängt von der Dicke der Drehplatte 1, der notwendigen Restdicke im Grubenboden und der notwendigen Stegbreite der Masken ab.

Beliebige Kombinationen der einzelnen Maßnahmen zur Verschiebung des Massenschwerpunktes sind möglich.

#### Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

- 1 Drehplatte
- 2 Drehplattenflügel
- 3 Drehplattenflügel
- 4 Torsionsfederband
- 5 Elektrodenflächen
- 6 Rippe in der Grundplatte
- 7 Rippe in der Deckplatte
- 8 Durchbruch
- 9 Masselemente
- 10 Grube
- 11 Grundplatte
- 12 Mittelplatte
- 13 Deckplatte
- 14 großflächige Vertiefungen
- 15 Erhöhungen
- 16 parallele Fläche zur Waferoberfläche



1) Verwendete Formelzeichen siehe Fig. 2 b

Tab. 1

## Patentansprüche

1. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor in Sandwichbauweise mit einem in die Silicium-Mittelplatte strukturierten Drehpendel, bestehend aus gleich großen, bezüglich der Torsionsachse symmetrischen Elektrodenflächen, die auf der Drehplatte angebracht sind und aus feststehenden Gegenelektroden auf einer Grundplatte, die mit der Mittelplatte und, sofern vorhanden, der Deckplatte fest verbunden ist, wobei eine Kraftkompensation für die Elektroden der Differentialkondensatoranordnung möglich ist und die

Torsionsachse weit außerhalb des Masseschwerpunktes, aber innerhalb des Torsionskörpers verläuft, **dadurch gekennzeichnet**,

daß das Drehpendel, welches aus der Drehplatte (1) mit 2 Drehplattenflügeln (2, 3) zwischen zwei Torsionsfederbändern (4) besteht, in der Achse von Einspannung zu Einspannung durch mindestens 2 Schneidenlager gelagert ist, wobei unterhalb jedes der beiden Torsionsfederbänder (4) ein erstes Schneidenlager möglichst nahe beidseitig symmetrisch zur Drehplatte (1) angeordnet ist, und die Schneidenlager aus den Rippen (6) auf der Grundplatte (11) und den Torsionsfederbändern (4) gebildet werden, wobei der Querschnitt der Torsionsfederbänder (4) der Form eines Dreiecks möglichst nahekommt,

und daß zwischen den Elektroden der Drehplattenflügel und ihren Gegenelektroden eine permanente elektrische Spannung anliegt oder

daß das Drehpendel in der Achse von Einspannung zu Einspannung durch mindestens vier Schneidenlager gelagert ist, wobei unterhalb und oberhalb der Torsionsfederbänder (4) jeweils beidseitig symmetrisch zur Drehplatte (1) mindestens ein Schneidenlager angeordnet ist und der Querschnitt der Torsionsfederbänder (4) einem Rhombus nahe kommt, wobei die ersten Schneidenlager möglichst nahe der Drehplatte (1) angeordnet sind, und aus den Rippen (6) in der Grundplatte (11) und den Torsionsfederbändern (4) gebildet werden

und die zweiten Schneidenlager aus den Rippen (7) in der Deckplatte (13) und den Torsionsfederbändern (4) gebildet werden, wobei die Rippe (6) in der Grundplatte (11) und die Rippe (7) in der Deckplatte (13) zueinander versetzt oder gegenüberstehen- angeordnet sind.

2. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehplatte (1) zum Zwecke der Reduzierung der mechanischen Dämpfung in ihrem Inneren in einem Gebiet in und um die gelagerte Torsionsachse, mindestens einen Durchbruch (8) besitzt, wobei der Durchbruch (8) zum Zwecke der Verschiebung des Massenschwerpunktes asymmetrisch bezüglich der gelagerten Torsionsachse eingebracht ist.

3. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Verstellbarkeit der Schneidenlager, welche aus Rippe (7) in der Deckplatte (13) und Torsionsfederband (4) gebildet werden, die Mittelplatte (12) in ihrer Randzone Flächen unterschiedlicher Höhe besitzt, die als großflächige Vertiefungen (14) ausgebildet sind, und

daß die Deckplatte (13) in ihrer Randzone entsprechende erhöhte Flächen (15) besitzt und die mit den in Größe und Lage entsprechenden großflächigen Vertiefungen (14) in der Mittelplatte (12) mit den erhöhten Flächen (15) in der Deckplatte (13) kombiniert und an den Kontaktstellen verbunden sind oder daß die Deckplatte (13) in der Waferebene um 180° zur Mittelplatte (12) gedreht angeordnet ist.

4. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Verstellbarkeit während des Betriebes, ein thermischer oder nach einem anderen Prinzip arbeitender Schwellkörper in der Deckplatte (13) oder Grundplatte (11) vorhanden ist, wobei vorzugsweise die Rippe (7) in der Deckplatte (13) als Schwellkörper ausgebildet ist.

5. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Rand der Drehplatte (1), vorzugsweise symmetrisch zur gelagerten Torsionsachse, Masseelemente (9) gleicher oder unterschiedlicher Größe angeordnet sind, die zum Zwecke der Verschiebung des Massenschwerpunktes der Drehplatte (1) vorrangig einseitig eliminiert werden.

6. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Verschiebung des Masseschwerpunktes in mindestens einem der Drehplattenflügel (2, 3) ein Stoff von zu Silicium unterschiedlicher Dichte ein- oder aufgebracht ist.

7. Mikromechanischer Drehbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zwecke der Verschiebung des Masseschwerpunktes ein Drehplattenflügel eine Strukturierung in Form von mehreren, in einem bestimmten Muster angeordneten, Gruben (10) besitzt, wobei diese Strukturierung vorzugsweise in Form von zueinander versetzt angeordneten Gruben (10) quadratischen Grundrisses eingeschlossen von größeren, wiederum quadratischen, nicht strukturierten Bereichen, die zum Zwecke der mechanischen Stabilisierung dienen, ausgebildet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

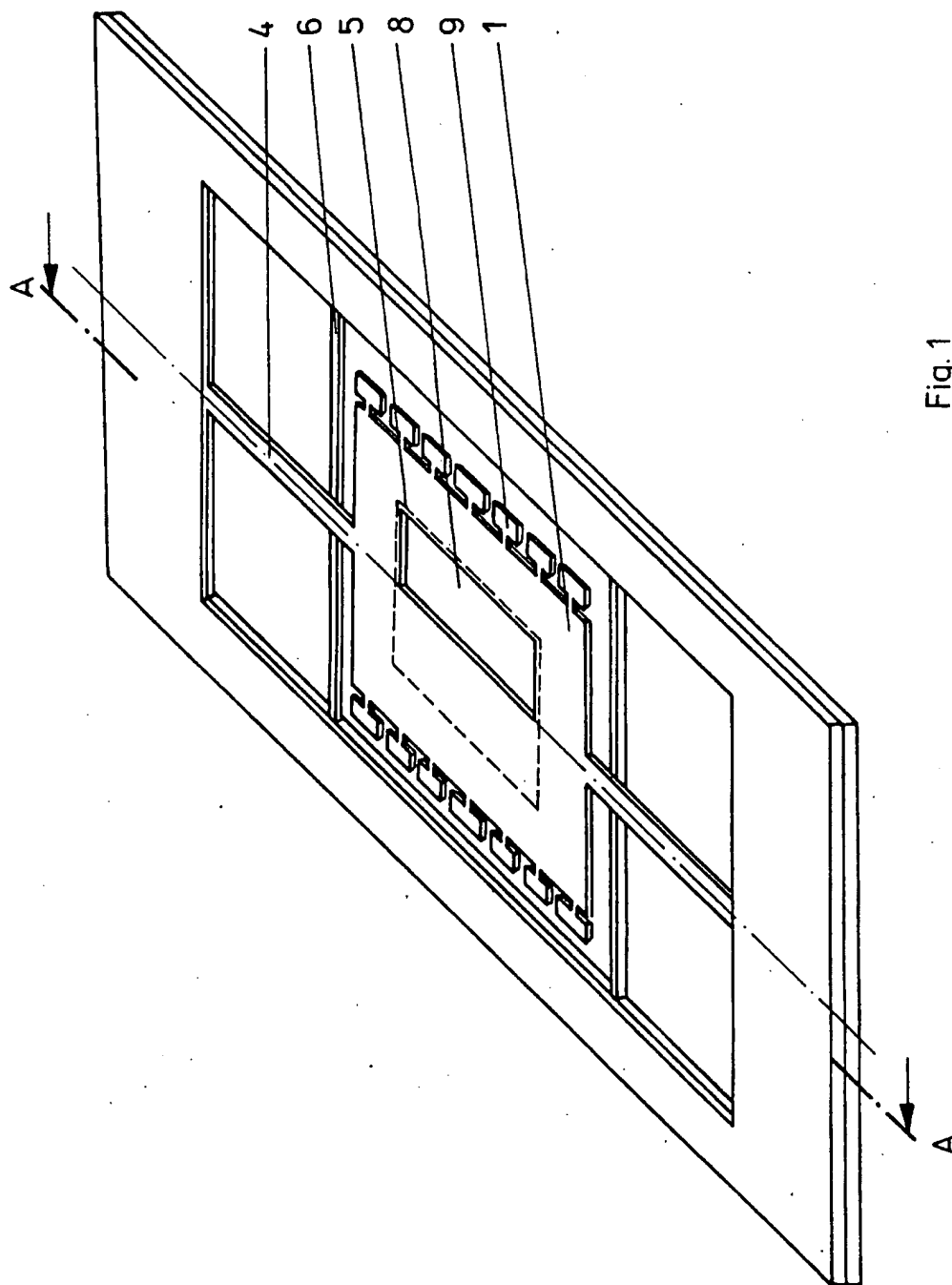


Fig. 2a

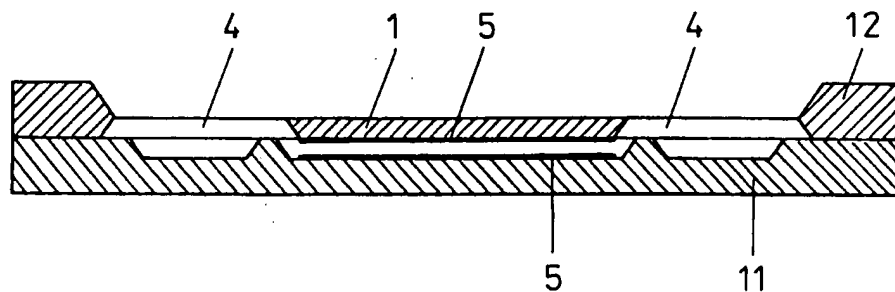


Fig. 2 b

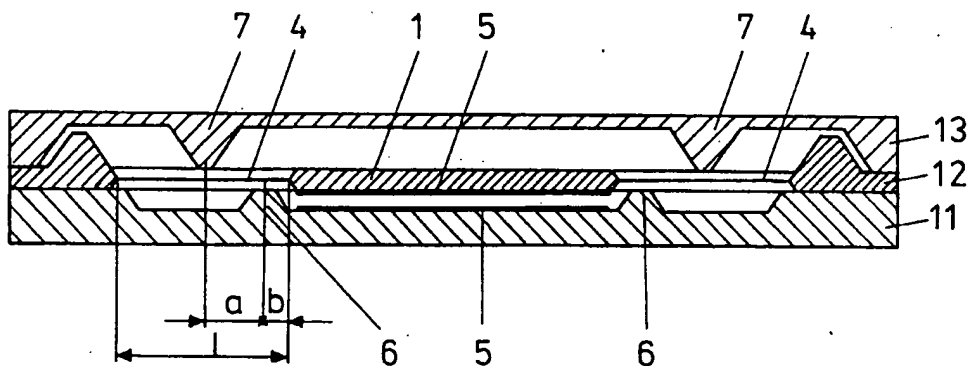


Fig 3a

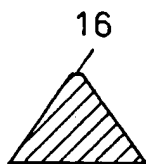


Fig. 3 b

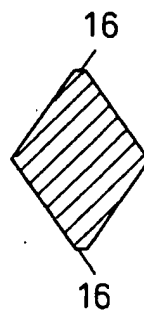
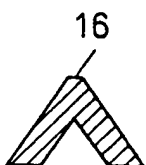


Fig. 3c





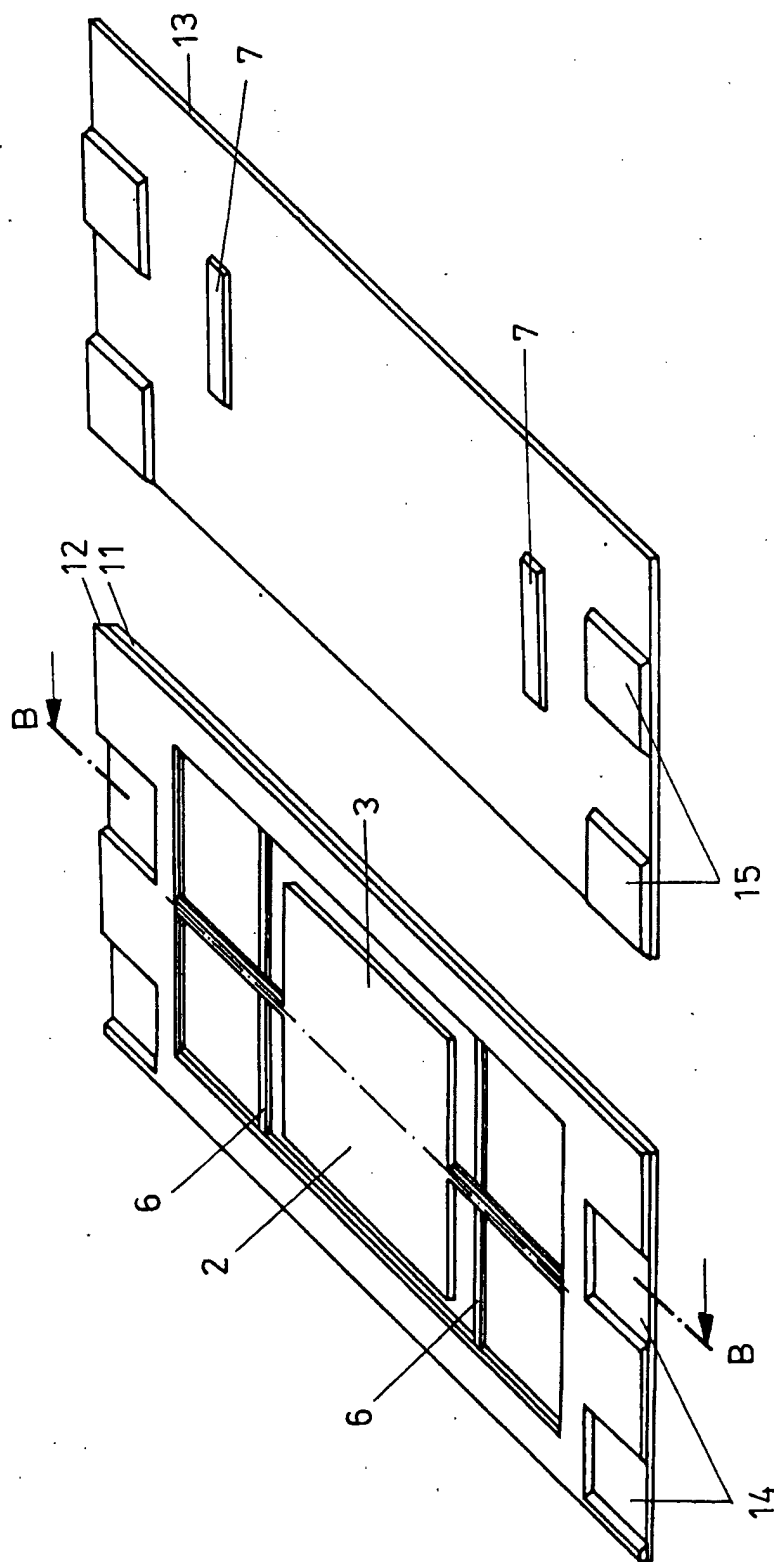


Fig. 4

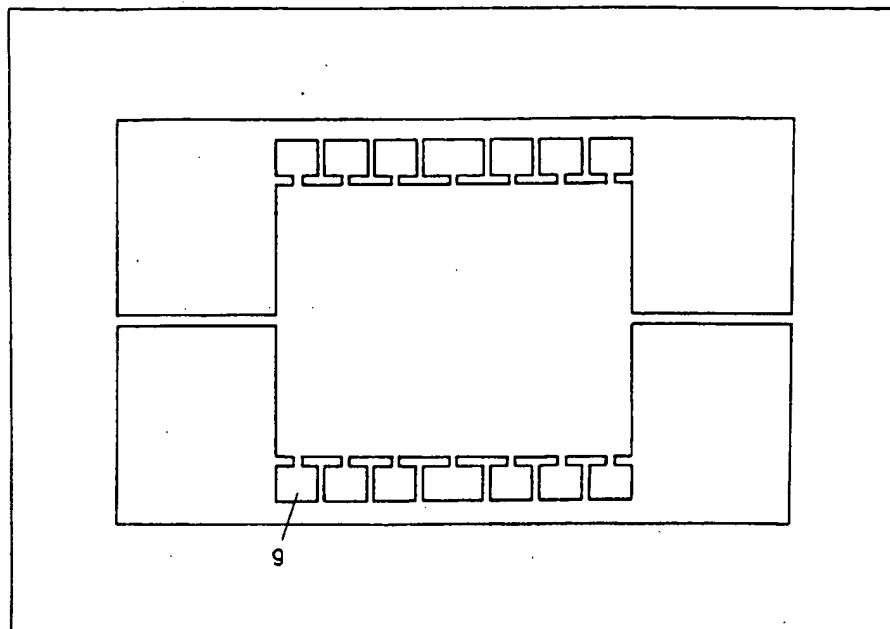


Fig. 5

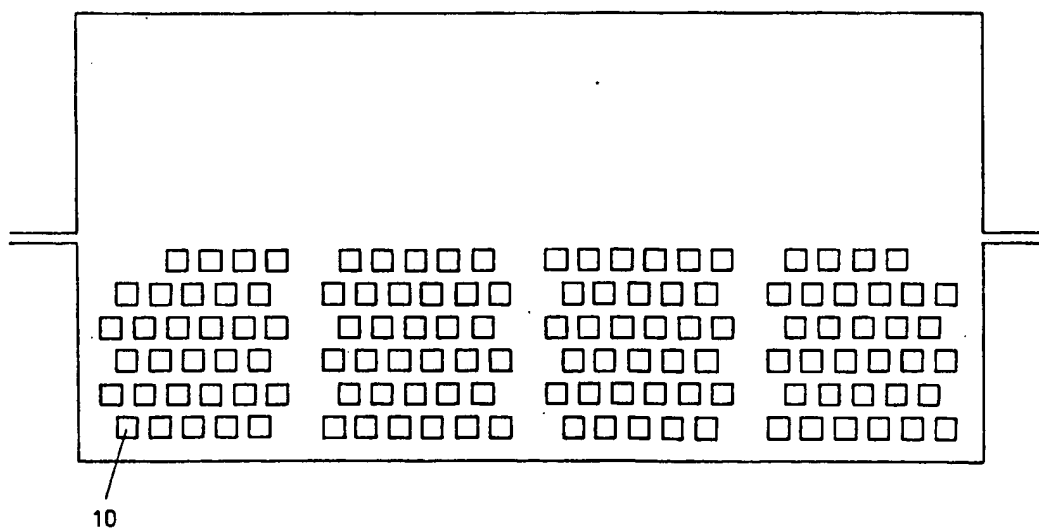


Fig. 6